

Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского
Серия: География. Том 22 (61). 2009 г. № 2. С.70-79.

УДК 551.422 + 551.435.1 + 551.435.04

МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА БЕРЕГОВ ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ

Михайлов В.А.

*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь,
e-mail: geogr1983@rambler.ru*

В статье рассматриваются типы берегов острова Змеинный, их связь с геологической структурой, построена карты берегов острова. Для каждого типа даются расчетные скорости абразии и объем материала, поступающего в береговую зону в результате этого.

Ключевые слова: остров, Змеинный, береговая зона, абразия, клиф, бенч

Учитывая огромное внимание, которое уделяется в последнее время развитию инфраструктуры острова Змеинный, комплексное изучение его природы приобретает значительную актуальность. Это относится и к берегам, которые несмотря на небольшую протяженность (2.3 км) и малую площадь острова (0.37 км²), представляют чрезвычайный интерес. Кроме того, берега острова являются практически не изученными – научные публикации ограничиваются всего одной статьей [7]. Все это определило и цель данного исследования. В настоящей статье обобщены литературные данные и результаты рекогносцировочных обследований автора в августе 2008 г.

Змеинный располагается в северо-западной части Черном море, в 35 км на восток от Килийского гирла Дуная. Остров имеет крестообразную форму в плане, протягиваясь с юго-запада на северо-восток на 686 м, с юго-востока на северо-запад на 669 метров. На острове располагается населенный пункт – поселок Белый.

Для берегов острова Змеинный, как для любой геоморфологической системы, важнейшими рельефообразующими факторами являются состав и свойства горных пород, геологическая структура, деятельность моря. Кроме того, в рельефе берегов острова нашла свое отражение активная деятельность человека. В геологическом строении острова, представляющего собой самостоятельный тектонический мегаблок [6], принимает участие мощная флишеподобная толща, состоящая из мощных пластов конглобрекций и тонких прослоев песчаников, конгломератов, аргиллитов и алевролитов, имеющих подчиненное значение. Горные породы имеют моноклиналиное залегание, с падением на восток, а в северо-восточной части – на северо-восток, с углами наклона 5-30°. Кроме того, блок острова разбит несколькими тектоническими нарушениями, крупнейшее из которых, имеющее вид широкой ослабленной зоны, делит остров на две неравных ступени [5].

Значительный уклон исходного откоса, прочность коренных пород и дефицит наносов береговой зоны обусловили почти исключительное преобладание процессов абразии и соответственно абразионных и абразионно-аккумулятивных берегов. В результате рекогносцировочного обследования острова, а также анализа картографического и литературного материала, выделено четыре главных

МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА БЕРЕГОВ ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ

разновидности берегов, имеющих специфический вид абразионного профиля и соответствующую морфологию (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1.

Типы и длина берегов острова Змеиный.

Типы берегов (в числителе – м, в знаменателе – %, в скобках – антропогенно преобразованные)			
ослабленных зон	с падением пластов вдоль	с падением пластов в сторону	с падением пластов вглубь
Классы устойчивости пород к абразии, по [4]			
IV	II		
125/6 (125/6)	840/38 (84/3)	462/2	758 /35
125/6 (125/6)	2060/94 (84/3)		
2285 /100 (209/9)			

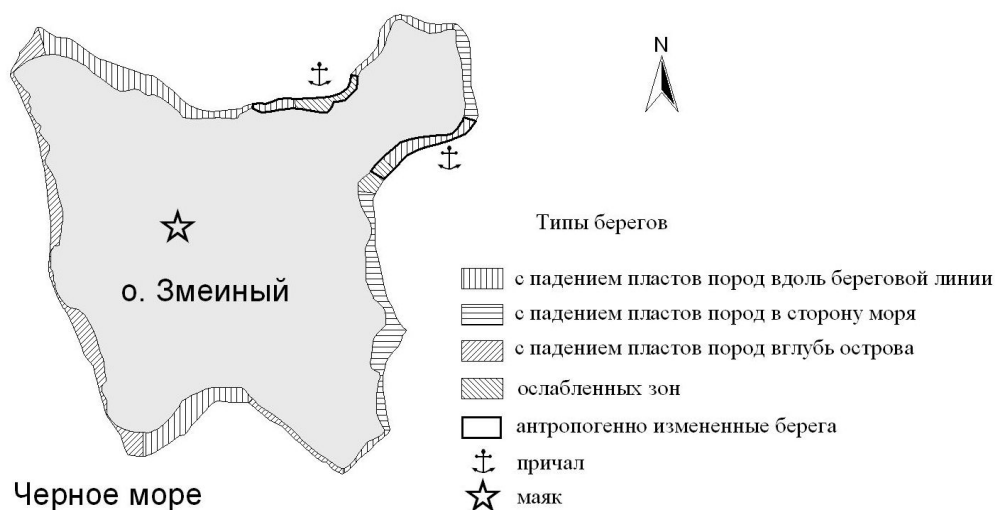


Рис. 1. Схема берегов острова Змеиный.

В связи с вытянутостью острова с юго-запада на северо-восток, значительную протяженность занимают берега с падением пластов пород вдоль береговой линии. Они распространены в северной, южной, частично восточной частях острова, где в геологическом разрезе принимают участие конглобрекции, местами с прослоями крепких песчаников, с тонкими прослоями конгломератов и алевролитов. Углы падения пластов изменяются от 8 до 15°, а в восточной части достигают 30-35° [5].

Воздействие волнения и других агентов на литологически неоднородную и сильно трещиноватую толщу пород в данном типе берега обусловили более значительное разрушение берегов по сравнению с другими типами. Переработка исходного откоса началась с воздействия волнения на гипсометрически более низкие части пластов, разрушение которых провоцировало склоновые процессы в пределах всего клифа. Поэтому клиф (высотой от 10 до 28 м) этого типа берега имеет типичную для подобных берегов морфологию: верхняя часть крутая (25-30°), высотой 5-10 м, задернованная, с обильной травянистой растительностью, с выходами скальных пластов, расчлененная пологими промоинами, заложенными вдоль трещин. Нижняя часть клифов очень крутая (до 60-70°), местами обрывистая, осложнена наклоненными вдоль берега структурными террасами, а также редкими эрозионными бороздами и осыпными лотками. Террасы, заложенные вдоль прослоев алевролитов и конгломератов, имеют ширину от 0.3-0.5 м до 2-3 м, а высоту от 0.3 до 2-3 м. На них залегают маломощный (до 0.1-0.3 м) чехол делювиально-осыпных дресвяно-щебенистых и суглинистых отложений. Часто (юго-западный и северо-западный мысы) структурные террасы в нижней части образуют широкие ступени, которые обрываются к морю крутым скалистым уступом (высотой до 2-3 м). Спускаясь к урезу, террасы постепенно переходят в бенч, который в результате абразии имеет более-менее выположенный поперечный профиль. В приурезовой части, до глубины 4-5 м его крутизна составляет около 4-5°, ниже подводный склон становится более крутым (9-13°), а с глубины 14-15 м вновь выполаживается до 2° [6]. В результате абразии клифов формируются обвалы, объемом от 10 до 200-300 м³ и более, состоящие из глыб и мелких (до 3.5 м) блоков; наиболее старые обвалы имеют щебенистый заполнитель. В тех местах, где залегающий на бенче коллювий достаточно мощный (2-3 м), клиф как бы «бронирован» им, и практически не подвергается абразии.

Берега с падением пластов в сторону моря, распространенные в восточной части острова, имеют сложную морфологию надводной части. Переработке исходного откоса способствовала значительная трещиноватость конглобрекций, преимущественно перпендикулярная к слою, диагональная, реже параллельная и перпендикулярная к падению. В надводной части шириной 20-25 м наклоненные к морю пласты (15-20°) выделяются в виде узких структурных террас, которые в верхней части ограничены обрывистым, в некоторых местах ступенчатым, уступом высотой 2-5 м, имеющим сложные пильчатые контуры. Вдоль него по платообразной поверхности острова протягиваются трещины бортового отпора, достигающие ширины 0.5-1.5 м. Толща конглобрекций подвергается вдоль трещин активному выветриванию; более интенсивно происходит выветривание податливых пластов песчаников и конгломератов. Вследствие этого, толща пород оказывается дезинтегрирована на отдельные крупные блоки поперечником от метра до десяти и более, мощностью от нескольких десятков см до 4-5 м, разделенные трещинами шириной 0.1-1 м и глубиной 1-3 м, заполненные глыбами и щебнем. В результате увлажнения и разрушения тонких пластов конгломератов и песчаников происходит смещение по структурной поверхности крупных блоков, а затем их обрушение и разрушение до глыб и блоков поперечником до 2-3 м. Т.о. у данного типа берега

клиф, как таковой, отсутствует, а наклоненная структурная поверхность, как указывают [7], выполняет роль берего-защитного откоса. В результате этого абразия здесь протекает медленно. В подводной части берега моноклиальная структура отражается в виде характерного грядового бенча: ассиметричные гряды, шириной до 5 м, разделены неглубокими межгрядовыми желобами, которые местами перекрыты небольшой толщей осадков. У юго-западного выступа острова, имеющего переходный характер берегов, грядовый бенч частично имеет надводный положение – над водой возвышаются вершины косых по отношению к берегу гряд.

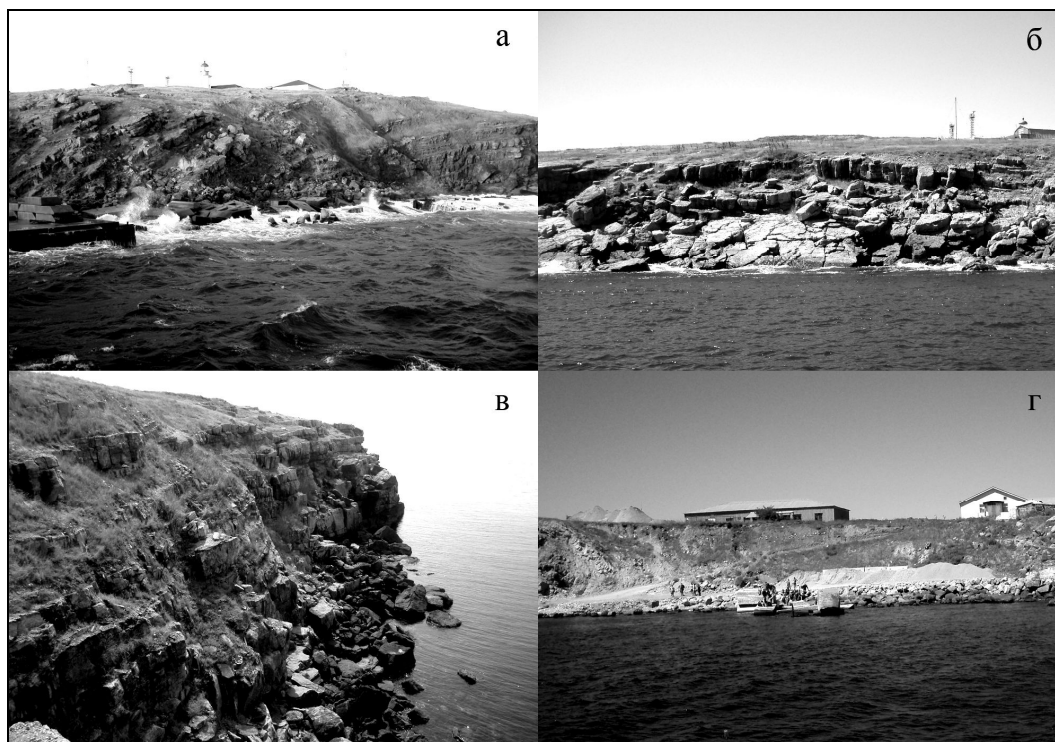


Рис. 2. Типы берегов острова Змеиный: а – с падением пластов вдоль берега; б – с падением пластов в сторону моря; в – с падением пластов вглубь острова; г – ослабленных зон.

Берега с падением пластов вглубь острова распространены в западной и юго-восточной частях острова, где на дневную поверхность выходят конглобрекции, в т.ч. в юго-западной части – с прослоями крепких песчаников, чередующихся с прослоями конгломератов и алевролитов. Угол наклона пластов изменяется от 8° в юго-восточной части до 15° в западной [5]. Из-за наклона пластов пород вглубь острова, гравитационная составляющая выветривания здесь слабее, менее интенсивно протекают здесь и процессы дилатации. В результате этого, а также в силу изначальной приподнятости этой части острова, здесь сформировались высокие (18-34 м) и крутые ($65-70^\circ$) клифы (рис. 2). Волноприбойные ниши у их подножья, как правило, отсутствуют. Клифы осложнены структурными террасами

(высотой 0.5-2.0 м, шириной 0.5-1.2 м), кое-где перекрытыми маломощными дресвяно-щебенистыми осыпями. Контуры верхней части клифа слабофестончатые, т.к. вдоль косых тектонических трещин формируются борта неглубоких обвальных ниш, разделенные небольшими выступами. Стойкость пород к разрушению обусловили абразионный профиль берега, далекий от состояния динамического равновесия. Это в первую очередь проявляется в значительной крутизне бенча – сразу ниже уреза он крутой, обрывистый, погружается в воду сразу на 2-6 м, далее, до глубины 15 м, крутизна склона достигает 17-20°, ниже подводный склон выполаживается до 2-3° [7]. Верхняя часть бенча фрагментарно прикрыта глыбово-блоковым (в поперечнике до 2 м) обвальным колювием, который образует как отдельные камнепады и вывалы, так и крупные обвальные тела объемом до 500-1000 м³ и более.

Наименьшее распространение на острове получили берега, заложенные в выветрелых, перетертых породах ослабленной зоны крупного тектонического нарушения, разделяющего остров на две неравных части. Зона нарушения имеет ширину до 50 м и состоит из пестроцветных глинистых пород с отдельными глыбами и блоками песчаников и конгломератов. В настоящее время берега этого типа антропогенно трансформированы при строительстве причальных комплексов, поэтому сведения о них далеко не полные. Литологический состав горных пород способствует их активному разрушению, в результате здесь формируются активные клифы высотой до 10-12 м, крутизной до 60-70°, в верхней части местами они расчленены эрозионными бороздами и промоинами глубиной до 1 м, а также осыпными лотками. В результате общего делювиально-осыпного разрушения склона на поверхность выходят глыбы и блоки области нарушения, падающие затем к подножью. Вероятно, в результате абразии у подножья клифа формируется волноприбойная ниша, при углублении которой происходят обвалы. Податливость пород обусловила и значительные скорости абразии бенчей, которые здесь имеет аномальную ширину (в юго-восточной части до 180 м) и пологий (3-4°) выпуклый поперечный профиль [7]. Трансформация и разрушение волн на этом мелководье способствует аккумуляции обломочного материала и формированию двух небольших пляжей – Румынский, ныне антропогенно измененный, и Дамский, имеющий ширину 10-12 м и сложенный мелкими валунами, окатанность которых уменьшается с приближением к тыльной части пляжа. Т.о. берег данного типа наиболее близок к абразионному профилю динамического равновесия.

Около 12 % береговой линии занимают антропогенно преобразованные берега, возникновение которых связано со строительством причальных комплексов в северной и юго-восточной частях Змеиногорского. Основная цель их возникновения – уменьшение абразии берега, размыва валунных пляжей, для чего осуществлена наброска глыбового материала экзотического происхождения шириной до 5-7 м и мощностью до 2 м. В некоторых местах мелководья находятся скопления железобетонных блоков, размером до 2-3 м, и тетраподов. Капитально изменяется берег при строительстве бетонных причалов: в настоящее время один действует в северной части, рядом с пирсом, другой, в восточной части, находится в стадии строительства.

Данные о динамике береговой зоны острова Змеиный являются весьма неполными: непосредственные наблюдения ведутся Причерноморским ГРГП, но они сосредоточены только на трех абразионных полигонах и охватывают последние 4 года. Определенное представление о динамике береговой зоны дает метод аналогии, а также косвенные расчеты, например, использованные Ю.Д.Шуйским и др. (2004).

Горные породы, слагающие остров согласно классификации горных пород по степени устойчивости к абразии [4] могут быть отнесены ко II классу (табл. 1) – абразионный процесс на берегах, сложенных такими породами, протекает медленно, но, в конечном счете, приводит к достаточно четко выраженным морфологическим результатам. Породы зоны тектонического нарушения относятся к IV классу – слабосцементированные породы резко неоднородного состава, в результате абразии которых образуются остаточные накопления, возникающие из отмытых грубых включений.

Развитие береговой зоны островов может идти по двум теоретическим схемам, как показано в обобщении [2]. Некоторые острова, исходные очертания берегов которых близки к овальным или округлым, а геологическое строение характеризуется относительной однородностью, и в дальнейшем сохраняют такую форму, являющуюся достаточно устойчивой. На некоторых островах в открытом море возможно образование в результате абразии небольших потоков наносов и их аккумуляция наносов в вогнутых частях береговой линии, в результате чего контуры острова становятся более выровненными. При этом небольшие острова при равном воздействии волн со всех сторон приобретают округлые очертания, а при асимметричном волновом поле контуры острова приобретают овальные очертания главным образом из-за аккумуляции наносов на защищенных сторонах острова, при резко асимметричном – значительно вытягивается из-за длинного «хвоста» наносов (рис. 3 а). В некоторых случаях эволюция береговой зоны островов может идти по пути сохранения исходного расчленения. В процессе выработки профиля динамического равновесия формируются подводные абразионные террасы, на поверхности которых волны расходуют свою энергию; при определенных условиях (наличие обломочного материала на глубине) происходит и формирование свободных и примыкающих аккумулятивных тел. В результате неровная береговая линия сохраняет неровные очертания, представляя устойчивую равновесную форму (рис. 3 б).

Анализ фактического материала показывает, что динамика берегов острова Змеиный шла не по одному из вышеназванных сценариев. Исключительно малая протяженность побережья и значительная противоэрозионная стойкость пород не способствовали формированию в береговой зоне потока наносов, т.к. на острове практически единственным источником наносов является абразия. Следствием этого является практически полное отсутствие аккумулятивных тел. Отсутствие в береговой зоне наносов, опять же, по принципу положительной обратной связи проявилось в слабом разрушении берегов (одно из свидетельств этого – сохранению в течении тысяч лет абразионных рвов и гротов), т.к. разрушение берегов при абразии, как известно, происходит главным образом в результате ударных

воздействий обломков породы [4]. Вышеназванные причины не способствовали тотальному абразионному выравниванию, а привели к более или менее равномерному отступлению берегов по всему периметру, на что указывает контуры подводной окраины острова. Т.о. современные неровные контуры берегов острова являются следствием разрушения пород с различной интенсивностью, что обусловлено их противоабразионными свойствами (в первую очередь из-за геологической структуры и наличия прослоев более податливых пород) и тектоническими особенностями. Современное состояние береговой зоны острова характеризуется повсеместной динамикой. Значительные уклоны дна, отсутствие наносов в береговой зоне и «свежий» вид клифов указывает на продолжающуюся выработку абразионного профиля динамического равновесия.

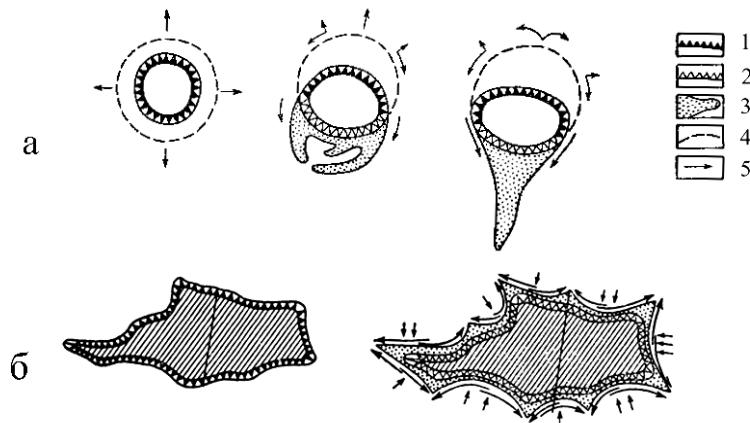


Рис. 3. Схема эволюции выровненных (а) и неровных (б) контуров абразионных островов, расположенных в открытом море [2]. 1 – активный клиф; 2 – отмерший клиф; 3 – участки аккумулятивной суши; 4 – первичные очертания острова; 5 – направление движения наносов.

Как указывалось выше, прямых данных о скоростях абразии нет. Имеющиеся в литературе данные, полученные расчетным путем и методом аналогии, сведены в табл. 2.

Исходя из морфологических особенностей Ю.Д. Шуйский и др. (2004) выделяют две разновидности берегов, имеющих различные скорости абразии: невысокая абразия характерна для западного берега и большинства мысов с крутыми, близкими к вертикальным береговыми обрывами и приглублым, вогнутым подводным склоном; более значительная скорость абразии свойственна району тектонического нарушения с широкой, имеющей выпуклый профиль, абразионной террасой. Также, по аналогии для некоторых участков берега с различной геологической структурой и литологией указываются значения абразии. Названными авторами также произведен расчет скорости абразии по ширине абразионной террасы (100-110 м) и ее возрасту (около 5000-5500 лет). При этом указываются средние значения для всего острова, причем даны они применительно как к клифам, так и к бенчам.

Скорости абразии берегов острова Змеиный.

Источник данных	Скорость абразии на различных участках берега, м/год				
	ослабленных зон	с падением пластов вдоль берега	с падением пластов в сторону моря		с падением пластов вглубь острова
			СЗ часть острова	ЮЗ часть острова	
по аналогии, согласно классификации горных пород по сопротивлению абразии [7]	0.3 и более		до 0.1		
по аналогии с наблюдаемыми берегами [7]	0.1-0.2				0.001-0.003
расчет по ширине и возрасту абразионной террасы [7]	0.018-0.022				
предварительные данные мониторинга Причерноморского ГРГП (за 2003-2004 г.)		0.138			
расчет по ширине и возрасту абразионной террасы	0.0087				
	$\frac{0.016-0.020^1}{0.0010-0.0013}$	$\frac{0.012-0.013}{0.0011-0.0012}$	$\frac{0.007-0.011}{0.0010-0.0015}$	$\frac{0.002-0.005}{0.0009-0.0013}$	$\frac{0.004-0.007}{0.0008-0.0014}$
	Объем материала, снесенного в береговую зону в результате абразии, м ³ /год				
	342 (5742 ²) / 285 ³				
	30 / 0 ³	192 / 165	16	19	85

1 в числителе – скорость абразии клифов, в знаменателе – расчетная (по В.П.Зенковичу) скорость абразии бенчей

2 в скобках – расчеты по приведенным в статье Ю.Д.Шуйского и др. (2004) среднему значению высоты клифов острова (17.52 м), длине береговой линии 2185 м и средней скорости абразии (0.15 м/год).

3 в числителе – без учета антропогенной преобразованности берегов, в знаменателе – с учетом.

Для уточнения данных по динамике берегов согласно данной методике произведен расчет скорости абразии для берегов различных типов, выделенных автором. Для этого по приведенной в статье [7, 8] батиметрической карте масштаба 1:5000, с изобатами 2, 5, 10, 15, 20, 30, 35 м построены батиметрические профили береговой зоны. В результате их анализа на берегах с падением пластов пород вдоль

береговой линии и берегах ослабленных зон выделены отчетливые абразионные террасы, измерение ширины которых позволило рассчитать значения абразии клифов. Время формирования абразионного профиля динамического равновесия принято 5000 лет, при этом учтена фанаторийская регрессия, продолжавшаяся около 500 лет [3]. Полученная в результате анализа батиметрических профилей глубина внешнего края абразионной террасы (4.5-5 м) использовалась для расчета абразии берегов с падением пластов вглубь острова и в сторону моря. В соответствии с полученными значениями абразии рассчитана приблизительная скорость абразии бенчей, а также объем материала, поступающий в береговую зону острова в результате абразии. Следует отметить, что поступление материала в береговую зону в многолетнем разрезе неравномерно: в сухие годы меньше, во влажные годы, в которые происходит активизация гравитационных процессов на клифах – больше. Именно поэтому этот процесс визуально практически незаметен.

Как показывают натурные наблюдения, вдольбереговые потоки наносов на острове отсутствуют. Материал, поступающий в береговую зону, задерживается между мысами-непропусками, которые образуют своеобразные литодинамические ячейки, в которых происходит аккумуляция наносов, их абразионный износ, а также вынос за пределы береговой зоны. В таблице 3 приведены результаты расчета поступления материала в балансовые ячейки.

Таблица 3.

Поступление материала (м³/год) в литодинамические ячейки береговой зоны в результате абразии.

Литодинамические ячейки береговой зоны (в скобках – с учетом антропогенной преобразованности берегов)			
северная	восточная	западная	южная
140 (109)	81 (56)	58	63

Роль антропогенной деятельности в динамике береговой зоны связана со строительством причальных комплексов (причал для судов с осадкой до 8 м, волнорез, причал для малотоннажного флота, ограждающий мол). Строительство сопровождалось берегоукрепительными работами, охватывающими около 12 % длины береговой линии, – строительством подпорных стенок, набережных, наброски природного крупнообломочного материала (экзотического происхождения) и искусственных бетонных блоков и тетраподов.

Приведенные данные являются примерными и во многом условными, т.к. наиболее точные данные могут быть получены только в результате долгосрочно мониторинга. Без этого дальнейшее освоение вдольбереговой полосы острова является невозможным.

Список литературы

1. Игнатов Е.И. Береговые морфосистемы. – М. – Смоленск: Маджента, 2004. – 352 с
2. Зенкович В.П., Каплин П.А., Медведев В.С. Развитие прибрежной зоны островов и архипелагов. //Теоретические вопросы динамики морских берегов. Научные сообщения по программе XX международного географического конгресса. – М.: Наука, 1964. – С. 53-66.
3. Каплин П.А., Селиванов А.О. Изменения уровня морей России и развитие морских берегов: прошлое, настоящее и будущее. – М.: Геос, 1999. – 299 с.
4. Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. – 336 с.
5. Сучков И.А., Федорончук Н.А., Свистун В.К., Савчук Н.А., Главацкий В.И. Геологические исследования острова Змеиный. //Вісник Одеського національного університету. – 2004. – Т. 10, вип. 4. Екологія – С. 94-99.
6. Турега О.Н. Геологічна будова //Звіт про науково-дослідну роботу «Просторово-часова динаміка геоecологічного стану о. Зміїний та шельфу з метою подальшого розвитку інфраструктури та господарської діяльності» по проекту ЗМ/326-2008. – I етап. – Сімферополь: ТНУ ім. В.І.Вернадського, 2008. – С. 10-17.
7. Шуйський Ю.Д., Вихованець В.Г., Муркалов О.Б. Сучасна динаміка берегів о. Зміїний та її вплив на навколишню акваторію Чорного моря. //Вісник Одеського національного університету. – 2004. – Т. 10, вип. 4. Екологія. – С. 108-123.
8. Шуйський Ю.Д. Чи є островом Зміїний. //Вісник Одеського національного університету. – 2005. – Т. 10, вип. 6. – С. 100-108.

Михайлов В.А. Морфологія та динаміка берегів острова Зміїний / В.А. Михайлов // Учені записки Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського. Серія: Географія. – 2009. – Т.22 (61). – № 2. – С.70-79.

В статті розглядаються типи берегів острова Зміїний, їх зв'язок з геологічною структурою, побудована карта берегів острова. Для кожного типу даються розраховані швидкості абразії та об'єм матеріалу, що поступає в берегову зону в наслідок цього.

Ключові слова: острів, Зміїний, берегова зона, абразія, кліф, бенч

Mykhailov V.A. Morphology and dynamics of the Snake island / V.A. Mykhailov // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Geography. – 2009. – Vol. 22 (61). – № 2. – P. 70-79.

In the article examined types of banks of the Snake island, their connection with a geological structure, built maps of banks of island. For every type calculation speeds of abrasion and volume of material, entering waterside area as a result of it are given.

Keywords: island, Snake, waterside area, abrasion, klif, bench

Поступила в редакцію 06.05.2009 г.